



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – PósArq  
Disciplina: ARQ1001 – Metodologia Científica Aplicada  
Professora Responsável: Sônia Afonso

# **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SOFTWARES QUE SIMULAM A ILUMINAÇÃO NATURAL PELO MÉTODO DA RADIOSIDADE**

---

Acadêmica: CAROLINA ROCHA CARVALHO  
Orientador: Prof. Dr. Anderson Claro

## JUSTIFICATIVA E ABORDAGEM DO TEMA

O uso da luz do Sol —————> iluminação artificial —————> iluminação natural

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) o conforto visual é um problema complexo que não pode ser analisado de forma isolada.

Trata-se de um problema vinculado diretamente com:

- a atividade exercida
- a produção de calor
- a beleza
- o conseqüente desempenho de suas atividades.
- o desempenho esperado
- os baixos índices de consumo de energia
- a satisfação do usuário

## JUSTIFICATIVA E ABORDAGEM DO TEMA

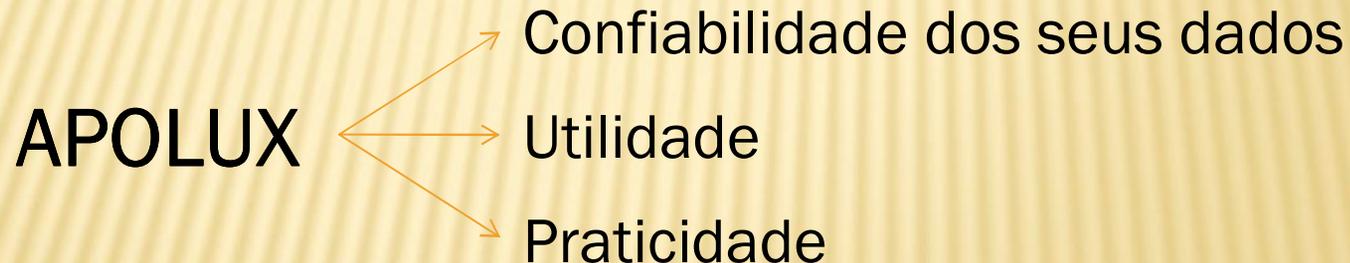
“O estudo da iluminação natural em arquitetura, no entanto, tem sido problemático, dado que envolve fenômenos complexos como a radiação difusa da abóbada celeste e a incidência de radiação direta do Sol, variáveis de comportamento bastante diversificado ao longo de breves espaços de tempo.” (CLARO, 1998, 6 2)

Dentre os métodos existentes de maior potencial para a análise do fenômeno da iluminação natural encontra-se a simulação computacional (PEREIRA et all, 2007)

“Cabe a essas ferramentas agilizar o processo de tomada de decisões nas diferentes etapas do projeto, fornecendo informações precisas sobre o impacto ambiental das diferentes opções de projeto.” (PEREIRA et all, 2007, pg 1432)

## JUSTIFICATIVA E ABORDAGEM DO TEMA

Devido a grande quantidade de programas de simulação existentes e suas diferentes formas de físicas de análise de dados da iluminação natural, procuramos analisar o programa APOLUX.



## OBJETIVOS

### GERAL

Realizar um estudo comparativo entre os resultados do Programa APOLUX e os demais programas similares, sob condições de céu teórico e com o algoritmo da radiosidade, para verificar o grau de convergência entre os resultados.

### ESPECÍFICOS

- Verificar se os resultados de cálculo do programa APOLUX são confiáveis, quantitativa e qualitativamente, quando submetidos a condições de cálculo parametrizadas como validadoras, através do estudo comparativo com programas a elas submetidos.
- Verificar o grau de convergência entre os resultados do programa APOLUX e os de outros programas em outras situações não submetidas a validação metódica, particularmente na avaliação de ambientes de geometria complexa.
- Verificar a iteratividade do programa APOLUX com o usuário, frente aos demais, considerando os diferentes momentos do procedimento de análise: a) fornecimento de dados e parâmetros; b) procedimentos de cálculo; c) manipulação de resultados e ferramentas de análise.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ILUMINAÇÃO NATURAL

“Os códigos computacionais são uma ferramenta de avaliação baseada no processo de modelagem abstrata do ambiente real. Utiliza equações matemáticas para simular fenômenos físicos, além de um banco de dados com informações auxiliares, como dados climáticos”. (CABÚS, 1997, pg 27)

Década 70

- ➔ Visualização de imagens
- ➔ Difusão dos computadores
- ➔ Mais velocidade
- ➔ Maior capacidade de memória



Aumentaram o interesse de programadores lumínicos.

Segundo Claro (1998) a busca por modelos fisicamente fundamentados para apoio ao projeto arquitetônico encontra dificuldades nos métodos atuais dado que não se trata apenas da representação da imagem, mas de verificação de condições reais de utilização.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitos são os trabalhos que se utilizam da simulação computacional:

- Cabús (1997) que utilizou o programa Lumem Micro® para analisar a distribuição de iluminâncias em um conjunto de ambientes com sistemas zenitais variados.
- Kremer (2002) que estudou a influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural, comparando valores medidos in loco com resultados simulados no programa Lightscape v. 3.2.
- Bogo, Pereira e Claro (2007), utilizando o programa APOLUX, avaliaram comparativamente diferentes sistemas de controle solar no que se refere a admissão de luz natural (fluxo luminoso).

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Claro (1998) existem atualmente duas abordagens para o tratamento da iluminação natural:

Radiosidade  
*radiosity*

Analisa as trocas de energia luminosa entre superfícies consideradas perfeitamente difusas e geralmente é tratada por métodos de elementos finitos.

Ray-tracing  
perseguição do raio traçado

Analisa o percurso de uma partícula luminosa, da sua emissão até sua absorção (ou vice-versa), sendo aplicada com particular êxito na análise dos fenômenos especulares das trocas luminosas

Ambos tratam do que é denominado de “iluminação global” que envolve os diferentes tipos de comportamento da luz frente os diferentes meios do ambiente. (CLARO, 1998)

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem ainda estudos referentes a diferentes abordagens a esses dois algoritmos, por exemplo:

- Cohen e Greenberg (1985) que através da incorporação do método da radiosidade desenvolveram um sistema que assume as superfícies de reflexão como segundas fontes de luz. O Método Hemi-Cubo consiste em um algoritmo para calcular o fator de forma em ambientes complexos.
- Tregenza, 1993 (apud CLARO 1998) que desenvolveu o Método Monte Carlo que é uma forma de Ray-tracing que pode ser usado para determinar coeficientes de luz diurna para interiores complexos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A validação dos programas computacionais é uma tarefa importante a ser executada (CABÚS, 1997), visto que, segundo a IESNA (apud Kremer, 2002) lista e avalia 37 programas disponíveis no mercado. Kremer (2002) questiona se essas ferramentas são realmente válidas.

A CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) desenvolveu recomendações para tais análises.

Existem ainda estudos comparativos sobre alguns softwares:

- Pereira et al (2007) faz uma comparação entre valores obtidos pelo mapeamento digital da distribuição de luminâncias do ambiente de exposição, modelo experimental e modelo teórico, utilizando modelo em escala reduzida no céu artificial e o programa APOLUX.
- Pupo, Scarazzato e Delbin (2007) fazem uma comparação entre as ferramentas disponíveis no mercado.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### SOFTWARES EM ANÁLISE

#### APOLUX

Foi desenvolvido baseado na tese de CLARO (1998) e utiliza um sistema de projeções esféricas de precisão ajustável, feitas através de elementos finitos, possibilitando um grau variado de resolução, tanto na obtenção da visibilidade, quanto na aplicação da equação de radiosidade para o cálculo dos níveis de iluminação.

#### Lightscape

É considerado um dos aplicativos avançados de iluminação e visualização para renderizações mais precisas de modelos 3D. Utiliza os algoritmos de Radiosity e Ray-Tracing combinados com uma interface fisicamente voltada para especificações de iluminação e materiais.

#### Dialux

É destinado a cálculos e visualização de sistemas de iluminação artificial e natural. Desenvolvido na Dinamarca é um software gratuito, disponível em 20 línguas, dispendo de visualização fotorealística com um ray tracing integrado.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

- Construção da fundamentação teórica da pesquisa
  - ✓ Levantamento e análise de material bibliográfico;
  - ✓ Estudo de pesquisas similares.
- Definição dos parâmetros gerais
  - ✓ Caracterização dos procedimentos de validação;
  - ✓ Descrição dos algoritmos existentes;
  - ✓ Caracterização dos Modelos de Céu Teórico;
  - ✓ Definição dos programas escolhidos para análise.
- Caracterização dos Modelos.
  - ✓ Modelos simples recomendados pela CIE;
  - ✓ Modelos de geometria complexa.
- Simulações Computacionais
  - ✓ Modelagem;
  - ✓ Simulações em diferentes programas computacionais;
  - ✓ Tratamento dos dados (formulação de gráficos de análise).
- Análise dos resultados
  - ✓ Verificar o grau de compatibilidade dos resultados entre o APOLUX e os demais programas.

## RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados na pesquisa são:

- Verificar que os resultados de cálculo do programa APOLUX são confiáveis quando submetidos a condições de cálculo parametrizadas como validadoras, através do estudo comparativo com programas a elas submetidos.
- Verificar o grau de convergência entre os resultados do programa APOLUX e os de outros programas na avaliação de ambientes de geometria complexa.
- Verificar a iteratividade do programa APOLUX com o usuário, frente aos demais, considerando os diferentes momentos do procedimento de análise: a) fornecimento de dados e parâmetros; b) procedimentos de cálculo; c) manipulação de resultados e ferramentas de análise.

**PERGUNTA PRINCIPAL**

Ao ser comparado com outros programas computacionais que utilizam algoritmos de radiosidade com dados teóricos de céu para calcular a iluminação natural, o programa APOLUX apresenta resultados similares?

**HIPÓTESE PRINCIPAL**

O algoritmo do Modelo Vetorial Esférico utilizado no programa APOLUX, para calcular iluminação natural utilizando o método da Radiosidade e os modelos padronizados de céu CIE, é fisicamente consistente e comparável a outros algoritmos considerados válidos que utilizam os mesmos fundamentos físicos.

**OBJETIVO GERAL**

Realizar um estudo comparativo entre os resultados do programa APOLUX e os de outros programas similares, sob condições de céu teórico e com o algoritmo da radiosidade, para verificar o grau de convergência entre seus resultados.

**Análise Comparativa Entre Softwares Que Simulam A Iluminação Natural Pelo Método Da Radiosidade**  
**Metodologia Científica Aplicada - Dezembro - 2007**

<b>PERGUNTAS SECUNDÁRIAS</b>	<b>HIPÓTESES SECUNDÁRIAS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
Como validar comparativamente programas que carregam apenas valores teóricos de céu?	Existem parâmetros que validam os resultados dos programas computacionais que simulam a iluminação natural, e utilizando-se de tais métodos podemos validar comparativamente, quanto a céu teórico, o programa APOLUX.	Verificar se os resultados de cálculo do programa APOLUX são confiáveis, quantitativa e qualitativamente, quando submetidos a condições de cálculo parametrizadas como validadoras, através do estudo comparativo com programas a elas submetidos.
Indo além dos modelos simples designados pelos parâmetros de validação de um software de simulação da iluminação natural, o programa APOLUX responde bem quando simula ambientes complexos?	Os parâmetros existentes para a validação comparativa de um software recomendam modelos simples, mas em modelos de geometria complexa, o programa APOLUX possui resposta similar a programas considerados validados.	Verificar o grau de convergência entre os resultados do programa APOLUX e os de outros programas em outras situações não submetidas a validação metódica, particularmente na avaliação de ambientes de geometria complexa.
Quais as dificuldades e facilidades do usuário na iteratividade com o programa?	Dentre os programas existentes, alguns são de interface complicada e de difícil manuseio. Dentro do campo de praticidade e utilidade o programa APOLUX se apresenta favorável.	Verificar a iteratividade do programa APOLUX com o usuário, frente aos demais, considerando os diferentes momentos do procedimento de análise: a) fornecimento de dados e parâmetros; b) procedimentos de cálculo; c) manipulação de resultados e ferramentas de análise.

# CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ETAPAS		2007						2008													
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Disciplinas Cursadas	■	■	■	■	■	■	■													
2	Coleta e Análise					■	■	■	■	■	■	■									
	Estudo de Pesquisas								■	■	■	■									
3	Definição dos parâmetros gerais									■	■	■									
4	Caracterização dos Modelos										■	■	■								
5	Modelagens										■	■	■	■	■						
	Simulações										■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Tratamento de imagens											■	■	■	■	■	■	■	■	■	
6	Análise dos Resultados												■	■	■	■	■	■	■	■	
<b>QUALIFICAÇÃO</b>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Redação / Formatação									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>DEFESA</b>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, Leonardo. “Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos.” 4ª ed. Edufal, Maceió, 2004. 109p.

BOGO, Amilcar J.; PEREIRA, Fernando O. R.; CLARO, Anderson. “Análise Comparativa do Fluxo Luminoso Admitido e da Transmitância em Aberturas com Elementos de Controle Solar de Mesma Máscara de Sombra e Configurações Físicas Diferentes” Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Anais ENCAC. Ouro Preto, 2007.

CIE, 2006. CIE 171:2006 “Test Cases to Assess the Accuracy of Lighting Computer Programs”. France, 2006.

CABÚS, Ricardo C. “Análise do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Iluminâncias” Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

CLARO, Anderson. “Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade Aplicado à Iluminação Natural.” Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

COHEN, Michael F.; GREENBERG, Donald P.; “The Hemi-Cube: A Radiosity Solution for Complex Environments”. ACM – Computer Graphics, v. 19, n 3, 1985, pp 31 – 40.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KREMER, Adriano. “A influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural: Estudo de caso em protótipo escolar de Florianópolis.” Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2002.

PEREIRA, Roberto C.; PEREIRA, Fernando O. R.; CLARO, Anderson; SOUZA, Luiz P. F. de; “Metodologia Para Avaliação De Ferramentas De Simulação Da Iluminação Natural Através De Mapeamento Digital De Luminâncias.” Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Anais ENCAC. Ouro Preto, 2007.

PUPO, R. T.; SCARAZZATO, P. S.; DELBIN, S.; “Metodologia Para Escolha De Programas De Simulação De Iluminação Artificial Em Ambientes, Através De Análise E Comparação De Softwares” Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Anais ENCAC. Ouro Preto, 2007.

VIANNA, Nelson S., GONÇALVES, Joana C. S. “Iluminação e Arquitetura”. Geros s/c Ltda., São Paulo, SP, 2001. 400 p. [ISBN 85-902193-1-3].